

보호기기 운영방법 개선을 통한 배전선로 보호협조 향상방안

이상호, 조시형
한국전력 중앙교육원

A study on the Improvement of the Protective coordination of Distribution line through the reformation of protective devices operation method

Sang ho Lee, Si hyung Cho
KEPCO Central Education Institute

Abstract - 한국전력공사는 급속도로 성장한 IT분야를 전력계통운영분야에 접목하여 세계적인 수준의 배전자동화기술을 보유하게 되었으며, 이로인하여 06년에는 호당정전시간 18.8분을 기록하는등 수준높은 전기품질을 공급할수 있게 되었다. 하지만, 전력수요의 증가로 회선당 공급전력은 대용량화 되어가고, 고객들이 전기품질에 대한 수준도 상향조정되어 과거보다 훨씬 높은 공급신뢰도가 요구되고 있는 것 또한 현실이다. 따라서 배전자동화를 통한 고장구간의 신속한 분리와 더불어 배전선로에 설치되는 보호기기의 적절한 배치와 운영으로 고장구간을 최소화하고, 고장을 예방하는 최적화 방안이 더욱 필요한 시점이다. 따라서 본 논문에서는 현행 한전의 배전보호기기운영 상황을 분석하고 가공 배전선로에 운전되고 있는 CB RY와 리클로저의 운영방안의 개선을 통하여 배전선로 보호협조 최적화 방안을 강구하여 보고자 한다.

1. 서 론

배전자동화의 등장으로 배전선로의 보호기기가 과거에 비해 단순화되어 현재 한전배전선로에 사용되는 차단기는 변전소 CB와 R/C가 주종을 이루고 있으며, 나머지 보호기기는 거의 전무한 상태이다. 따라서 보호기기간의 보호협조는 주로 154KV 변전소 CB와 자동화용Recloser 그리고 특고압고객의 수전설비에 적용되는 고객용 CB와의 협조관계에 적용하고 있다.

변전소에서 사용하고 있는 CB의 RY는 과전류계전기(OCR, OCGR)와 개폐로 계전기를 적용하고 있으며 계전기는 한시(VI:강반한시)와 순시요소를 적용하고 있으며, 순시와 한시의 동작은 고장전류의 크기와 계전기 정점에 따라 서로 독립적으로 동작되고 있다. 이는 대부분의 고객설비도 동일하다고 볼수 있다. 이에반해 배전선로용 Reclosers는 순시(계전기 순시와는 조금 다르며, 약간의 반한시 특성을 가지고 있다.)와 지연커브를 내장하여 운영하고 있으며, 동작 시퀀스는 순시와 지연을 조합하여(최대 4회) 항상 순시가 선행하여 동작하도록 설정되어 있다.

2. 본 론

2.1 한국전력의 배전선로 보호기기 운영현황

2.1 보호기기 운영현황

현재 한전에서 운영하고 있는 배전선로의 현황을 살펴보면, 현재 <표1> 과 같이 운전되고 있으며, 또한 선로의 자동화율에 따라서 <표2> 와 같은 체제로 기준을 정해놓고 최대2회의 체제도를 운영하고 있다.

<표1> 전국 배전선로 운전현황 (07.03월현재)

구분	가공선로	지중선로	합계
회선수	6,532	1, 028	7,560
점유율(%)	86.4	13.6	100

<표2> 배전선로 재폐로 운전기준

구분 [지중화율(%)]	변경 전('05.4 이전)		
	100	99~30	30이하
재폐로 운전횟수	0	1	2

또한 가공배전선로의 보호기기 설치 현황을 살펴보면 <표3> 과 같으며, 결과적으로 현행 가공선로에는 Recloser가 회선당 약 0.8대 정도 설치되어 운영되고 있으며, 서울, 부산등 대도시의 부하밀집지역이나, 공단선로, 고객전용선로 등을 제외하면 선로당 약 1대씩 설치되어 있다고 볼수 있다.

하지만, 실제 일선사업소의 Recloser 운영현황을 면밀히 살펴보면 도심지의 주요간선에는 설치하지 않고, 장공장 야외선로나 분기선에 주로 배치하여 사용하고 있는 실정이다. 따라서 상당수의 배전선로가 변전소의 CB를 제외하면 보호기기가 설치되어 있지 않은 상태에서 운전되고 있는 상황이다.

<표3,표4> 는 년도별 배전선로 보호기기 설치현황을 보여주고 있다.

<표3> 가공배전선로의 Recloser 운전현황 (07년 4월현재)

구분	개폐기	보호기기 종류			가공선로 회선수
		R/C	ASS	S/E	
대수	90226	5223	865	195	6532D/L
선로당 설치대수	13.8대	0.8대	0.13대	0.03대	

<표4> 년도별 배전선로 보호기기 설치현황

대수	년도	2005	2006	2007(현재)
	R/C대수	5,090	5,198	5,221
회선수		6,319	6,450	6,532
D/L당 설치대수		0.8대	0.8대	0.799

상기와 같이 배전선로에 보호기기(특히 R/C)를 많이 설치하지 않은 배경은 여러 가지로 분석해 볼수 있지만, 주로

- 도심지등 단공장선로의 경우 고장전류가 커서 변전소ry와의 보호협조가 쉽지 않고,
- 특히 변전소계전기는 한전 전력관리처에서, Recloser는 배전사업소에서 정정하는 관계로 정정주체가 다른 문제점
- 선로의 부하에 따른 계통의 변경이 잦아 계통상황 변화에 따라 매번 협조검토를 하기가 현실적으로 쉽지 않고,
- 과거 전차식 Recloser의 경우 기기의 오동작, 하자 등의 문제로 사용자들에게 신뢰성이 떨어져 있다는 점
- 배전사업소의 보호협조 담당자의 잦은 보직변경으로 Recloser등의 정정업무 미숙 등을 주요원인으로 볼수 있겠다.

2.2 배전선로의 고장전류 분석

위에서 언급한 고장전류로 인한 보호협조의 문제점을 알아보기 위해 한국전력에서 운영하는 임의의 배전선로에 대하여 전력계통에 있어 일반적으로 사용되는 %임피던스 계산법을 이용하여 분석하였다. 실제 분석하고자하는 선로는 인출점에서 3상단락 고장전류의 크기가 약 7,000A되는 성남변전소 남성D/L을 예로 들었다.

<표5> 변전소 임피던스

변전소	주 변 압 기		2차측 모선 임피던스	
	임피던스	용 량	정 상	영 상
성남S/S 남성D/L	14.97	45/60	0.29+j35.869	J51.658

<표6> 사용된 전선의 규격별 임피던스 (% Ω/Km)

전선규격	정상임피던스	영상임피던스	비고
① CNCV 325	1.4325 + j2.3741	4.4678 + j1.5617	100MVA 기준
② ACSR 160	3.49 + j7.74	8.95 + j23.16	

현행 도심지의 가공배전선로가 대부분 배전전력구를 통하여 지중선로로(CNCV 325)인출된후 가공선로(ACSR 160)로 고객에게 공급되고 있으므로 위와같은 2가지 선종을 중심으로 1km 간격으로 발생가능한 고장전류의 크기를 계산하였다.

<표7> 선종별 배전선로 고장전류 계산값

거리 고장	인출	지중 (0.5km)	가공 (1km)	가공 (2km)	가공 (3km)	가공 (4km)	가공 (5km)
	7,029	6,801	5,600	4,744	4,109	3,620	3,233
	6,087	5,890	4,850	4,109	3,558	3,135	2,800
	6,129	5,973	4,545	3,654	3,050	2,615	2,288
	439	437	434	429	424	419	414

배전사업소에 변전소ry와의 관계에서 가장 협조가 어려운 부분은 변전소 순시와 Recloser사이의 협조부분인데 현행지침에서는 전위Recloser의 설치유무에 따라 정정치가 상당부분 달라지는 것을 볼 수 있다. 이때 일반적으로 순시TAP을 OCR :40A(4800A), OCGR : 30A(3600A, CT배수 600/5로 가정)으로 설정하게 된다(표7)에서 보는 것과 같이 지중선로 0.5Km의 환경에서 가공선로 약2km의 지점에서는 변전소 순시와 협조가 가능한 위치라는 것을 알 수 있다. 따라서 가공배전선로에서는 전체구장 2.5km이후의 지점에 Recloser를 설치한다면 효과적으로 변전소와의 보호협조를 할 수 있다고 보여진다.

2.3 배전선로 재폐로운영 및 순시TAP 정정

현재 한국전력 광주전력관리처의 경우 전체 491개 선로중에서 약 80%가 가공선로로 분류되어 재폐로 2회로 운영되고 있다. 하지만, <표9>에 나타난바와 같이 OCR 순시TAP이 20이하인 경우가 55%, OCGR 순시TAP이 10이하인 경우가 54%로 운영되고 있다.

<표8> 광주전력관리처 관내 배전선로 재폐로 운영 횟수

구분	광주전력 배전선로 재폐로 운영 횟수			·합계
	없음	1회	2회	
선로수	36	218	393	491
비율 (%)	7.4	12.6	80.0	100

<표9> 광주전력관리처 계전기 순시정정치

구분	보호계전기 순시TAP 정정치					·합계
	10이하	20이하	30이하	40이하	40초과	
OCR	0	218	48	47	80	393
OCGR	215	64	50	62	2	393

위에 언급되었듯이 단공장, 고객선로등의 특수한 여건을 감안하더라도 상당수의 선로가 현재 Recloser 와 같은 보호기기가 없거나, 계전기 정정이 정상적으로 설정되지 않은 선로라고 볼 수 있다. 이들 선로는 비교적 작은 고장전류(CT비 600/5로 가정할 경우 OCR : 2400A, OCGR: 1200A)에도 순시 계전기가 동작하게 되어 전위에 다른 보호기기와의 협조가 정상적으로 이루어지지 않게된다.

<표10> 보호계전기 정정지침

구분		보호계전기 정정지침
순시	OCR	전위 R/C(또는 OCR) 설치점의 3상 단락전류× 1.5 이상 ※단 R/C(또는 OCR)가 없는 경우에는 회선당순전전류×6 이상
	OCGR	전위 R/C(또는 OCGR) 설치점의 1선 지락전류 × 1.4 이상 ※단 R/C(또는 OCGR)가 없는 경우에는 회선당순전전류 ×3 이상

따라서, 일차적으로 Recloser가 부설되어 있는 선로에 대한 변전소 순시TAP을 보호계전기 정정지침에 준하여 재정정하고, 장기적으로는 특수한 여건을 가진 선로외에는 Recloser를 한대이상 부설해야 할것으로 본다. 추가적으로 변전소의 순·한시TAP과 Lever는 전력관리처에서 정정하고 있으므로 배전선로에 보호기기가 신설되거나 계통이 변경되는 등의 사유로 정정치를 변경하는 경우에는 관리처와 배전사업소간의 긴밀한 협조관계가 요구된다.

2.4 Recloser의 정정방법 개선

현행 Recloser는 대부분 자동화용 리틀로저이거나 과거 전자식리틀로저를 개조하여 자동화가 가능하도록 변경하여 사용하고 있다. 또한 과거에 비해 관련업체의 기술력이 높아져 기계적인 오동작이나 기기불량은 거의 발생되고 있지 않다. 또한 제어함인 FRTU 일체형 제어함으로 제작되어 간단하게 정정이 가능하고, 다양한 반한시 커브(41종)와 기타 기능들이 내장되어 상당부분 활용되어 지고 있다. 하지만 동작시퀀스는 과거 Recloser - Sectionalizer - Fuse의 원활한 보호협조를 위해 사용되었던 2F2D 시퀀스를 대부분 사용하고 있다. 2F2D 시퀀스는 3회의 재폐로를 통하여 최종후비의 Fuse의 용단에 앞서 순시커브를 동작시켜 고장구간을 분리하거나, Sectionalizer와의 연계를 이용하여 고장구간을 줄이는 시퀀스로 상당기간 효과적으로 사용되어 왔다. 하지만 최근들어 순간적인 Sag나 Swell에도 민감하게 동작하는 고객설비가 늘어나고 3회 재폐로가 고객의 민원을 증폭시키는 등의 문제가 발생되고 있다. 따라서 본 논문에서는 현행 시퀀스를 일부개선하는 방안을 제시하고자 한다.

○ 순시커브의 사용을 가급적 억제한다.

○ 순시커브는 앞서 설명한 바와 같이 Fuse와의 협조를 위해 사용되어 왔으나, 현재 Fuse를 사용한 보호협조가 거의 사용되고 있지 않으며, Recloserdm 순시커브를 사용하게 되면 후비의 고객ASS나 고객설비계 전기와도 협조가 어려워져 대부분 불완전협조를 하게 된다. 따라서 순시커브를 사용하지 않거나 1F 정도로 최소화하여야 한다.

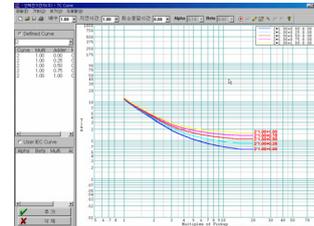
○ 재폐로 횟수를 줄여야 한다

○ 2F2D의 시퀀스를 사용하게 되면 3회의 재폐로를 하게되는데, 대부

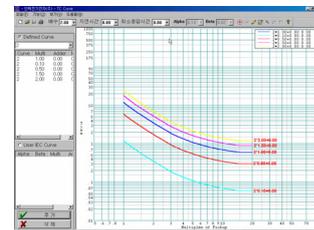
분 재폐로는 1~2회에 성공하거나 아니면 일시고장으로 확대되는 경우가 많다. 또한 도심지의 단공장 선로의 경우 큰 고장전류가 발생하는 경우가 많은데, 전력설비에도 상당한 부담을 주게된다. 따라서 Recloser의 경우에도 CB와 같이 최대 2회의 재폐로만 사용할 것을 권장한다.

○ 효율적인 커브 운영이 필요하다.

○ 자동화용 Recloser에는 41종의 커브가 부설되어 있으며, 추가로 시상수곱(Time Multiplier)기능과 지연시간 부과(Time Adder) 기능, 최소 응답시간(Min Response Time)등을 사용하면 다양한 커브를 구현할 수 있게되고, 특히 후비보호기기와의 협조가 원활하게 적용 할 수 있게된다.



<그림 1> 시상수곱을 이용한 커브변경



<그림 2> 지연시간부가를 이용한 커브변경

○ 순시와 지연커브가 독립적으로 동작되도록 해야 한다.

○ 변전소 및 고객설비의 계전기는 순시커브와 반한시커브로 동작하며 이들 커브는 고장전류에 의해 독립적으로 동작한다. 반면 Recloser는 순시와 지연커브가 순시우선으로 순차적으로 동작하게 되어 있어 보호협조에 어려움이 있다. 변전소의 한시커브와의 협조는 지연커브를 사용하여 협조하고 계전기의 순시기능과 유사한 대전류개방기능을 사용하여 순시커브와의 협조를 할 수 있도록 하여야 한다. 대전류 Lockout 기능은 미리 정정된 대전류 Lockout 동작전류 이상의 고장전류가 발생하면 기존의 다른 어떤 시퀀스보다 우선하여 동작한 후 Lockout 되며, 상, 지락 고장전류에 대하여 동시에 적용되며 순간고장이 아닌 매우 큰 영구고장일 때 재투입으로 인한 선로고장 파급확대를 막는데 유용하게 사용할 수 있다. 물론 대전류 개방기능을 효과적으로 사용하기 위해서는 R/C의 위치 및 대전류 개방 정정치가 적절해야하며, Recloser 설치위치의 최대고장전류값을 잘 적용하여 선정하면 되겠다.

3. 결 론

지금까지 검토한 내용을 종합해보면, 가공배전선로의 경우 우선 변전소의 OCR, OCGR순시TAP을 정정지침에 준하는 설정치로 정정하고, Recloser의 설치위치를 인출지점에서 2.5km 이후 지점에 부설하고 한시 커브와 협조가능한 지연 커브를 선택하면 효율적으로 보호협조를 할 수 있으며, 동작시퀀스를 1F2D, 3D등을 사용하면서 대전류개방기능을 설치 위치에서의 최대고장전류를 잘 검토하여 설정한다면 고장예방 및 고장구간축소에 상당한 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 아울러 현재 한전에서 사용하고 있는 보호협조 검토 프로그램(KEDPRO, NDIS보호협조프로그램)에도 대전류 개방기능 설정 및 시상수,지연시간부가등 커브 설정을 원활하게 할 수 있도록 하여 사업소에서 적극적으로 활용할수 있도록 하여야겠다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사 전력연구원, "신 배전자동화시스템 개발 연구 [1차년도 중간보고서]", P132, 19998. 9월
[2] 한전배전처 "배전보호기술서", P147, 1995